

A kadmium előfordulásának vizsgálata Pest megyében

¹VERMES LÁSZLÓ, ²PETHŐ EDE, ³PETRASOVITS IMRE, ³CSEKŐ GÉZA
és ⁴MARTH PÉTER

¹Földművelésügyi Minisztérium, Budapest; ²Vértranszfúziós Állomás, Gödöllő;
³Agrártudományi Egyetem, Gödöllő; és ⁴Növény- és Talajvédelmi Állomás,
Budapest

Bevezetés

Külföldi példák és kezdeményezések nyomán vetődött fel még az 1980-as évek közepén a nehézfémek, de különösen a kadmium (Cd) környezeti körforgalmára és a hazai terhelési szintek meghatározására vonatkozó kutatás megindítása. A kadmium azért foglal el kiemelt helyet a többi toxikus elem között, mert a tápláléklánc pályán viszonylag könnyen eljut az emberig, ugyanakkor az emberre veszélyes küszöbértéke meglehetősen alacsony, és az elmúlt évtizedekben a különböző forrásokból egyre több jut belőle környezetünkbe, ezért a védekezés ellene elsődrendű fontosságú (VERMES, 1985).

A XX. században a népesség kadmium terhelése az ipari országokban jelentősen megnőtt. A fémszennyezés a felszíni vizekben, üledékben, biomasszában százszoros - százezerszeres is lehet a természetes értékhez képest. Az emberi (és állati) szervezetre már akkor is veszélyes, amikor a növények növekedését még nem befolyásolja.

A kadmium a szervezetbe a tüdőn és szájon át juthat be. A tüdőben a lerakódás-arány a részecskemérettel fordított arányban változik, a lerakódás a frissen keletkezett kadmiumfüst esetében a legnagyobb. Az alsó légutakban kadmium-oxidként szívódik fel, valószínűleg lényegesen rosszabb a nehezen oldódó vegyületek, pl. kadmium-szulfid felszívódása. A belégzett kadmium mintegy 10-50 %-a rakódik le a tüdőben (BERNARD & LAUWERYS, 1984).

A táplálkozással felvett kadmium átlagos felszívódási arányát 5 %-ra becsülik. Felszívódását fokozza az alacsony fehérje- és kalcium-felvétel, valamint a vashiány.

A szervezetbe bejutott kadmium fő tároló helye a máj és a vese. A test teljes Cd-tartalmának több mint 50 %-a itt található, a kadmium lerakódás kb. 50-60 éves korig nő. A teljes vér normál kadmium értéke 5 µg/l alatt van, elsősorban a sejtek tartalmazzák. Nyiroksejtekben a koncentráció például 300-szoros (BERNARD & LAUWERYS, 1984).

A szervezetben a kadmium nagymértékben visszamarad, a bejutott mennyiség progresszíven akkumulálódik. A kadmium biológiai fél-életideje 30 év! Csak kis részben választódik ki a vizelettel, valamint lényegesen kisebb mértékben egyéb utakon (epe, emésztőrendszer, nyál, haj, köröm).

Az Egészségügyi Világszervezet pontosan meghatározza azokat a kadmium-terhelési határértékeket, amelyek hosszú ideig tartó expozíció esetén megengedhetők. A levegőben, illetve a belélegezhető porban ez nem haladhatja meg a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Cd-szintet. Az exponált személyeknél teljes vérben $10 \mu\text{g}/\text{l}$ érték a megengedett, mint káros hatást ki nem váltó szint.

Amennyiben vesekárosodás nincs, a vizelet Cd-koncentrációja elsősorban a szervezet terhelésére utal. A vér Cd-koncentrációja főleg a mintavétel előtti néhány hónap folyamán történt Cd-expozíciót jelzi. Foglalkozásuk körében kadmiummal nem érintkező felnőtteknél ritkán lehet $5 \mu\text{g}/\text{l}$ teljes vér értéket meghaladó koncentrációt találni, a vizeletben pedig $2 \mu\text{g}/\text{l}$ feletti érték (BERNARD & LAUWERYS, 1984).

A környezeti Cd-terhelés egészségkárosító hatásainak feldolgozásával tanulmányok nagy száma foglalkozik. A közlések szerint az expozíció következtében veseműködési zavarok magas vérnyomás, légzőszervi betegségek, csonteltérések (csontlágylás, csonttritkulás) és daganatok jöhetnek létre.

A Cd-terhelés megítélésében figyelembe vett szempontok közül a legfontosabbak a foglalkozás, a dohány, a lakhely és a táplálkozás, valamint az életkor (CAI et al., 1990; HALLENBECK, 1986; KUCHARSKI et al., 1987; LOUEKARI et al., 1989; SHERLOCK, 1986).

A kadmium rákkeltő hatása szempontjából az adatok ellentmondóak. A tüdőrák előfordulási gyakoriságát növeli (ADES & KAZANTZIS, 1988; KAZANTZIS et al., 1988; OBERDORSTER, 1986; SORAHAN, 1987). prosztaták fokozott kockázatát nem egyértelműen ismerik el. Minden esetben a kadmiumot az IARC (International Agency for Research on Cancer) 1976-ban a valószínű rákkeltő anyagok közé sorolta.

A foglalkozásnak, mint a kadmium expozíció döntő tényezőjének szerepét a kiterjedt ipari vizsgálatok részletesen bizonyítják (BERNARD & LAUWERYS, 1984; EDLING et al., 1986; KAZANTZIS et al., 1988; OBERDORSTER, 1986; SMITH et al., 1986). Nagy kadmium-terhelést jelent a dohányzás.

Egyes esetekben jelentős Cd-terhelést okoz az élelmiszerekkel történő bevitel. Ez származhat növényi eredetű anyagokból, pl. burgonya (KUCHARSKI et al., 1989), rizs (AOSHIMA, 1987; NOGAWA et al., 1989) vagy búza - ha kadmiummal szennyezett talajon nő, esetleg más növények, elsősorban a zöldségfélék közül a fejesaláta, spenót. Állati eredetű élelmiszerek közül jelentős a Cd-tartalma a belsőségeknek (máj, vese), egyes halaknak és kagylóknak (SHERLOCK, 1986). A táplálkozási bevitel 2000 mg kadmium összdózis esetén okoz káros hatásokat, férfiakban és nőkben egyaránt (NOGAWA et al., 1989).

A szennyezetlen talajokban található mennyiségét elsősorban az anyakőzet határozza meg. A vulkáni kőzetek átlagosan kevesebb kadmiumot ($0,2 \text{ mg}/\text{kg}$) tartalmaznak, mint az üledékes kőzetek ($0,3 \text{ mg}/\text{kg}$) (PURVES, 1977). A kad-

mium szennyezetlen talajokban különböző koncentrációkban, leggyakrabban 0,01-0,70 mg/kg közötti értékben (LINDSAY, 1979) fordul elő. A Cd:Zn arány a talajokban 1:1000 közé esik.

Az átlagot jóval meghaladó Cd-tartalom mindig emberi tevékenység, az antropogén emisszió eredménye és elérheti a 200 mg/kg-ot is. Az NSzK Szövetségi Egészségügyi Hivatala a még tolerálható mennyiséget 3 mg/kg értéknek állapította meg (KAHMANN, 1981).

A szennyezetlen talajokon termelt növények Cd-tartalma nem mutat túlságosan nagy különbséget, átlagosan 0,05-0,2 mg/kg közötti érték nedves anyagra vonatkoztatva (EL BASSAM, 1982). Ezzel szemben szennyezett talajon a kadmium feldúsul a növényi szövetekben. A kadmium veszélyességének legfontosabb oka az, hogy a növények látható tünetek nélkül ennek százszorosát is felvehetik, így 80-100 mg/kg kadmiumot is tartalmazhatnak. Sőt szennyezett talajon, spenótban 668 mg/kg-ot is mértek száraz tömegre vonatkoztatva (PURVES, 1977). A növények Cd-felvételét fenofázisuk is befolyásolja (MARTIN & COGHIREY, 1982). Az egyes növényi részek Cd-tartalma különböző, a mag általában kevesebbet tartalmaz (EL BASSAM, 1982). A Cd:Zn arány is megnő a növényben.

A kadmium felvehetőségét legnagyobb mértékben a talaj pH-ja befolyásolja (WILLIAMS & DAVID, 1976), így meszezéssel a felvételt csökkenteni lehet. A talaj magas szervesanyag-tartalma szintén visszatartja a kadmiumot (FRIESEL & MILDE, 1982). Az agyagtartalommal és a kationcserélő képességgel kapcsolatos megállapítások nem egyértelműek. Azt várnánk, hogy a nagyobb T-értékű talajok jobban visszatartják a kadmiumot. Ezzel szemben KIEKENS és COTTENIE (1982) vizsgálataiból azt lehet megállapítani, hogy nehéz agyagtalaj esetében a kadmium nagyobb hányada mobilizálható, mint könnyű vályogtalajban.

Nem víztelenített kommunális szennyvíziszappal kezelt talajból a nehézfémek környezetbe való migrációját vizsgálta INYANG és LAWRENCE (1984). Az eredmény azt mutatta, hogy azok az iszap-dózisok, amelyek ahhoz szükségesek, hogy elérjék a termés táplálóanyag igényét, nem eredményeztek lényeges nehézfém növekedést a talajban és a nehézfémeknek nincs statisztikailag szignifikáns hatása a mélybe szivárgó vizekre.

A nehézfémek a növény szöveiteiben a legtöbb esetben alacsonyabb koncentrációban voltak, mint a talajban. A nehézfém-szintek a gabonatermésben és a paradicsomban általában alacsonyabbak voltak, mint a gabona levelekben. A talajból relatíve kismértékű nehézfém-felvételnek köszönhetően a paradicsom és a gabona jól alkalmazkodott a talajműveléshez a szennyvíziszappal javított talajon.

LUNE PVAN (1985) hat talajtípuson különféle Cd-tartalmú trágyaanyag (kadmium-nitrát, kommunális és ipari szennyvíziszap) hatását vizsgálta tenyészédegyekben. Homoktalajon a növekvő szervesanyag-tartalommal párhuzamosan csökkent a növények Cd-felvétele. Homokos agyagtalajon a növekvő pH-értékkel együtt csökkent a növényi Cd-felvétel.

WILLIAMS és DAVID (1976) vizsgálatai szerint a műtrágya Cd-tartalmának kb. 80 %-a a felső 0-7,5 cm-es talajrétegben halmozódik fel, és 15 cm mélységig hatol le.

MULLA és társai (1980) 36 éven át triple szuperfoszfáttal műtrágyázott területről származó talaj Cd-tartalmát vizsgálva az előzőekhez hasonló eredményre jutottak. A kadmium 70 %-a a felső 15 cm-es rétegben halmozódott fel.

WILLIAMS és DAVID (1976) a retek Cd-felvételét is vizsgálták tenyész-edény-kísérletekben, műtrágyázott és nem műtrágyázott helyről származó talajokból, melyek bizonyos esetekben a műtrágya mellett meszet is kaptak.

A műtrágyázott talajok Cd-tartalma minden esetben jelentősen nagyobb volt, mint a nem műtrágyázottaké. Ennek ellenére a retek Cd-felvételét elsősorban a talaj pH-ja befolyásolta, ugyanis a meszezés hatására kialakult magasabb pH-n a növények nem vették fel a műtrágyával bevitt Cd-ot, sőt Cd-tartalmuk kisebb volt, mint a nem műtrágyázott, alacsony pH-jú talajon nevelt növényeké. Azonos pH esetén a növény Cd-felvételét a talaj Cd-tartalma határozta meg.

Szennyvíziszappal kezelt agyag- és homoktalajon vizsgálták PEPPER és munkatársai (1983) a silókukorica Zn- és Cd-felvételét. Mindkét talaj esetében a silókukorica leveleiben szignifikánsan nőtt a Zn- és Cd-koncentráció a növekvő iszap-dózissal együtt. A meszezés jelentősen csökkentette a levél Zn-tartalmát, bár a levél Cd-tartalma nem csökkent jelentősen a meszezés által.

A mag Zn- és Cd-koncentrációja mind a két talajnál általában emelkedett az iszap-dózissal. A kadmium értékei a meszes finomhomok talajon lényegesen jobbakk voltak, mint a meszezés nélküli talajon. Mindkét talajon termesztett kukoricában a Cd és Zn a következő sorrendet követte: a levelekben több volt, mint a szárban (zöld), s ebben több mint a csutkában, s ebben több mint a magban.

A kutatás célja

Az ismertetésre kerülő kutatás célja a kadmium környezeti körforgalmának, a talaj - növény - (állat) - ember között létrejövő vándorlása hazai vizsgálatának megkezdése, részint a környezetben jelenleg is előforduló Cd-szennyezettségi értékek meghatározása, részint a további terhelhetőségi szintekhez alapadatok szolgáltatása érdekében.

Elsőként történtek eddig az országban Cd-vizsgálatok, összehangolt, komplexnek tervezett vizsgálatsorozatra és nagyszámú minta vizsgálatára még nem került sor. A külföldön végzett hasonló vizsgálatok eredményei pedig a jelentősen eltérő ökológiai viszonyok és étkezési szokások miatt közvetlenül nem használhatók fel hazai célokra, legfeljebb módszertanilag lehetnek iránymutatók számunkra.

Az Országos Tudományos Kutatási Alap által támogatott téma keretében elvégzett vizsgálatok a környezetgazdálkodás egyik kulcskérdését, a toxikus anyagok káros felhalmozódásának megelőzését segítik megoldani, egyben a

biomassza felhasználásának újabb lehetőségeit, illetve korlátait pontosíthatják. Az eredmények hasznosítása elsősorban a környezetgazdálkodási tervezésben, a környezetvédelmi szabályozások megalapozásában, a követelmények és a határértékek meghatározásában realizálódhat, további vizsgálatok és adatgyűjtés esetén. Az eredmények komplex bemutatása is azt szolgálja, hogy a témában érintett szakterületek adatai együttesen értékelhetők, elemezhetők legyenek.

Vizsgálati anyag és módszer

A kutatás keretében 46 helyről került sor talaj- és növényminták begyűjtésére Pest megyében. A mintavételezés Budapest-Nagytétényen kívül Vácot, Ócsát, Alsónémedit és Dömsödöt is érintette. A talajminták a növények gyökérzónájából származtak (0-30 cm, szőlő esetében 20-40 cm). A növényeknél a fogyasztásra, felhasználásra kerülő részeket vizsgáltuk. A mintázott növények a következők voltak: kukorica 9 helyről, lucerna 8, paradicsom 8, karalábé 5, sárgarépa 5, zeller 1, gyom 3, mogoró 1, szőlő 1, kelkáposzta 1, cékla 1, zöldbab 1, retek 1, paprika 1 helyről.

Két különböző oldószert használtunk a talajok elemzésénél. A talajok összes Cd-tartalmának meghatározásakor a talaj szervesanyag-tartalmát izzítással eltávolítottuk, majd az ásványi részt hidrogén-fluoriddal feltártuk, a feltárt anyagot a hidrogén-fluorid teljes eltávolítása után salétromsavban feloldottuk és a műszeres mérésre ezt az oldatot használtuk. A talajok felvehető Cd-tartalmának meghatározására a talajmintából a Lakanen-Erviö-féle eljárás (1971) szerinti oldattal (0,5 mol/liter ammónium-acetát + 0,5 mol/liter ecetsav + 0,02 mol/liter EDTA) kivonatot készítettünk és ebből végeztük el a talaj oldható toxikus elem- és nehézfém-tartalmának meghatározását.

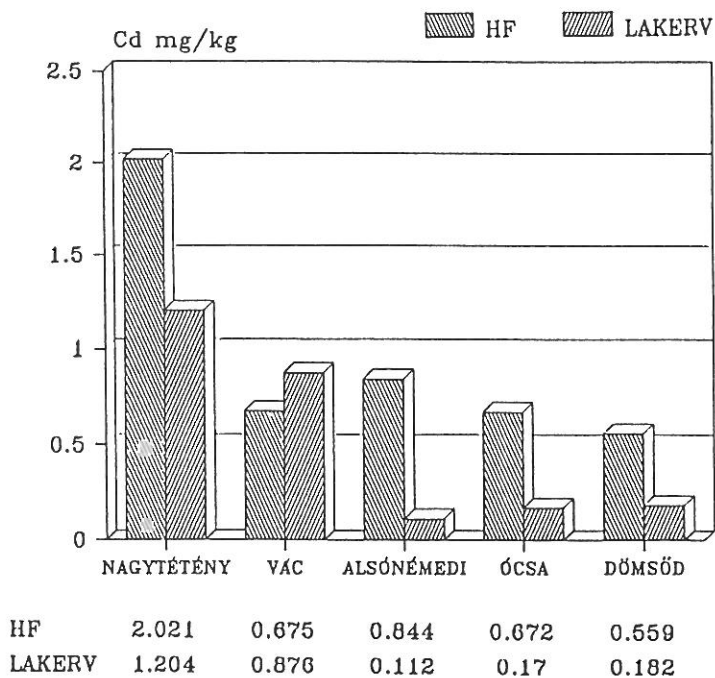
A növényminták feltárásánál a vérvizsgálatoknál is használt salétromsav peroxidos eljárást alkalmaztuk.

A vizsgálatához a mintát a következőképpen tarták fel: 10 ml savóhoz 3 ml 65 %-os salétromsavat és 1 ml peroxidot adtak, ezt 120 °C-on 3 óráig zárt térben roncsolták. Lehűlés után a tartályt felnyitva az anyagot 100-105 °C vízfürdőben 2 ml-re bepárolták, majd Labtest ICP típusú argon plazma spektroszkópon kadmiumra vizsgálták. A kalibráció mesterséges standardekkal történt, ami meghatározott mennyiségű pro anal (BDH) spektroszkóp tisztaságú Cd, amelyet 1 mol/liter salétromsavval (azonos matrix-szal) oldottak. Minden mintához egy vakérték tartozott.

A vérmintavételek hely- és idő szerinti megoszlását az 1. táblázat mutatja. A vizsgálatok alkalmával sor került 7 hazai gyártmányú, ismert összetételű cigaretta dohányában, valamint a cigaretták füstjében lévő Cd-koncentrációk meghatározására is. A cigaretták Cd-értékeit abszolút száraz anyagra vonatkoztatva fejezzük ki, a laboratóriumi szívógépen 5-5 db cigarettából nyert füstöt pedig 50 ml 1 M salétromsavban nyelettük el, majd a mért értékeket 1 db ciga-

1. táblázat
A vizezsgálatokhoz történt mintavételek megoszlása és a vérminták
Cd-átlagértékei (mg Cd/l)

(1) A mintavétel helye	(2) A mintavétel időbeni megoszlása					(4) Cd- értékek (mg/l)
	1988	1989	1990	(3) Összesen	%	
Dömsöd	9	-	-	9	5	0,0008
Alsónémedi	36	24	-	60	32	0,0094
Ócsa	40	41	-	81	43	0,0047
FORTE (Vác)	-	-	20	20	11	0,0165
Metallokémia (Nagytétény)	-	-	17	17	9	0,0015
a) Dohányzók	-	-	10	10		
b) Összesen	85	65	47	197		



1. ábra

A talajminták hely szerinti átlag Cd-értékei (mg/kg)
HF = hidrogén-fluoridos feltárás; LAKERV = Lakanen-Erviö feltárás

rettára, valamint - a cigaretták különböző hossza miatt - 1 cm elszívott cigaretta is megadtuk.

Az eredmények értékelése

A talajminták vizsgálati hely szerinti átlageredményeit az 1. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy az ipari létesítményekben "gazdagabb" Nagytétény és Vác talajai magasabb Cd-szintet mutatnak mint a mezőgazdasági települések, de az értékek csak néhány esetben haladják meg a megengedhető határértéket.

A növényvizsgálati eredményeket mg/kg száraz anyagra számítva a 2. táblázat tartalmazza. A teljes hidrogén-fluoridos feltárásból a legmagasabb Cd-ér-

2. táblázat
Növényminták Cd-koncentrációi, mg/kg száraz anyagban kifejezve
(NTSZ vizsgálatok, Pest megye, 1990)

(1) Sor- szám	(2) Mintavétel helye	(3) Kód	(4) Növény	(5) Cd-koncentráció*	
				HF	LAKERV
1.	Nagytétény	1/1	a) Lucerna	3,2475	1,9300
2.		1/10	a) Lucerna	0,8969	0,2475
3.		1/2	b) Paprika	3,0516	2,2316
4.		1/3	c) Paradicsom	3,2475	2,6416
5.		1/4	d) Szőlő	3,4434	2,0437
6.		1/5	e) Zöldbab	2,7251	2,2580
7.		1/6	c) Paradicsom		0,2369
8.		1/7	f) Karalábé	0,7663	0,7951
9.		1/8	g) Kukorica		0,22581
10.		1/81	h) Földimogyoró	0,3746	0,2766
11.	Vác	1/9	i) Cékla	0,4399	0,3242
12.		2/1	c) Paradicsom	0,3093	0,2025
13.		2/2	a) Lucerna		0,1443
14.		2/3	g) Kukorica	0,5052	0,1946
15.		2/4	j) Gyomnövény	0,4399	0,1629
16.		2/5	a) Lucerna	0,7010	3,0586
17.	Alsónémedi	2/6	g) Kukorica	1,4193	1,4935
18.		3/1	a) Lucerna	0,3711	0,0703
19.		3/10	k) Sárgarépa	0,8969	0,0861
20.		3/2	c) Paradicsom	0,7467	0,1523
21.		3/3	k) Sárgarépa	0,8218	0,1655
22.		3/4	c) Paradicsom	1,0472	0,0755
23.		3/5	g) Kukorica	0,5964	0,1046
24.		3/6	f) Karalábé	1,0472	0,1046
25.		3/7	l) Zeller	0,7467	0,1338
26.		3/8	g) Kukorica	1,1974	0,1073
27.		3/9	j) Gyomnövény	0,9720	0,1152

(1) Sor- szám	(2) Mintavétel helye	(3) Kód	(4) Növény	(5) Cd-koncentráció*	
				HF	LAKERV
28.	Ócsa	4/1	f) Karalábé	0,4462	0,1364
29.		4/10	k) Sárgarépa	0,7467	0,1417
30.		4/11	f) Karalábé		0,5914
31.		4/2	c) Paradicsom	0,3711	0,1496
32.		4/3	m) Kelkáposzta	0,9720	0,1629
33.		4/4	a) Lucerna	0,6716	0,0808
34.		4/5	g) Kukorica	0,5213	0,0861
35.		4/6	g) Kukorica		0,1020
36.		4/7	j) Gyomnövény	0,5213	0,1708
37.		4/8	c) Paradicsom	1,4227	0,1285
38.		4/9	k) Sárgarépa	0,3711	0,1258
39.		5/1	g) Kukorica	0,4462	0,0816
40.		5/2	a) Lucerna	0,6716	0,0931
41.		5/3	k) Sárgarépa		0,1331
42.		5/4	n) Retek		0,1445
43.		5/5	c) Paradicsom		0,1531
44.	Dömsöd	5/6	f) Karalábé		0,1645
45.		5/7	a) Lucerna		0,3561
46.		5/8	g) Kukorica		0,3332

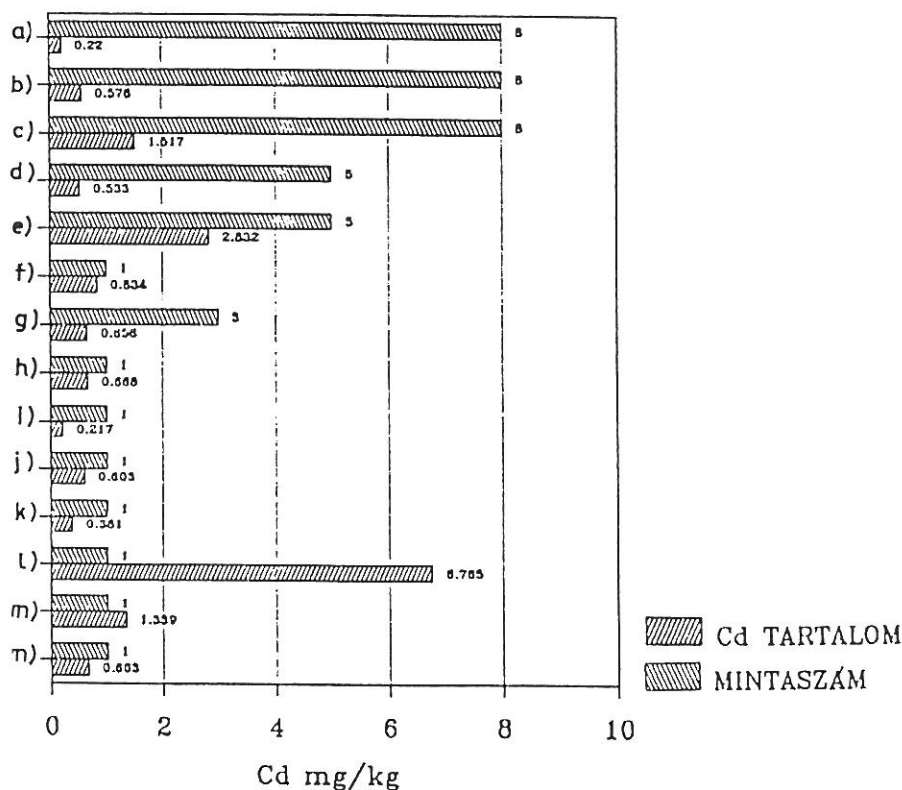
* HF = hidrogén-fluorid kivonószerrel; LAKERV = Lakanen-Erviö-féle eljárással.

tékeket a nagy-tétényi minták, különösen a Metallokémia (XXII. Harangozó u.) környékéről származók mutatták, az észak-nyugati széliránynak megfelelően.

A vizsgált növények közül a sárgarépa tartalmazta a legtöbb kadmiumot, szinte függetlenül a talaj Cd-tartalmától. A növényekben mért elemtartalom a mintaszámmal együtt a 2. ábrán látható. Megállapítható, hogy - átlagosan 15 % szárazanyag-tartalmat feltételezve - a felmérés során több esetben (pl. sárgarépánál, zöldbabnál) az előírt értékeket erősen meghaladó Cd-mennyiségek fordultak elő a vizsgált növényekben.

Az elemzés során vizsgáltuk a talaj oldószerekkel (HF és LAKERV) kivont Cd-mennyiségek közötti összefüggést. A lineáris regresszió során kapott $r = 0,76$ korrelációs koefficiens $FG = 33$ mellett 0,1 %-nál jobb valószínűségi szintet mutat. A talajoldószerek és a növényekben mért Cd-tartalom közötti összefüggések vizsgálata szerint a hidrogén-fluoridos feltárásból származó Cd eredmények a növények Cd-tartalmával $r = 0,35$ korrelációs koefficiensnél 5 %-os valószínűségi szintet mutatnak. A Lakanen-Erviö-féle oldószerekkel a talajban meghatározott és a növényekben mért Cd-tartalom közötti összefüggés 44 minta esetében $r = 0,35$ mellett 1 %-os valószínűségi szintet ér el (1. ábra).

A Pest megyei talajok szélesebb körű vizsgálatából származó eredmények azt mutatják, hogy a magasabb Cd-szintek a felső talajrétegben fordulnak elő



2. ábra

Az egyes növényfajokban mért átlag Cd-értékek (mg/kg). a) Kukorica, b) lucerna; c) paradicsom d) karalábé; e) sárgarépa; f) zeller; g) gyomnövények; h) földimogyoró; i) szőlő; j) kelkáposzta; k) cékla; l) zöldbab; m) retek; n) paprika

nagyobb gyakorisággal, bár vannak olyan mintavételi helyek, ahol mind a három szintben egyformán kedvezőtlenül nagy Cd-értékek voltak mérhetőek.

A hazai gyártmányú cigaretták közül az ismert dohány-összetételű Munkás, Kossuth, Románc, Fecske, Symphonia, Sopiane és Marlboro márkanévű cigaretták dohányjának Cd-tartalmát vizsgáltuk (3. táblázat). Ugyancsak a 3. táblázat mutatja ugyanezen cigaretták füstjének Cd-értékeit. Az adatok szerint a Románc nevű cigaretta dohányjának Cd-koncentrációja (2,246 mg/kg száraz anyag értékkel) emelkedik ki a többi közül, amelyeknek Cd-tartalma 1,084-1,690 mg/kg száraz anyag érték között változik. A füst tekintetében - az összehasonlításra legjobban megfelelő adat, az 1 cm elszívott cigarettára eső Cd-érték alapján - kisebbek a különbségek a vizsgált cigarettaféleségek között. Itt a legrosszabb eredményt a Kossuth nevű cigaretta füstje mutatja (0,0003 mg/l), de ehhez közeli értékkel szerepelnek a Fecske és a Sopiane (0,00026 és

3. táblázat
Hazai cigaretták Cd-koncentrációja, valamint az 1 M HNO₃-ban elnyeletett
cigaretta füst Cd-koncentrációi

(1) Cigaretta neve	(2) Cigaretta Cd*, mg/kg	(3) Cigaretta füst Cd-koncentrációi (mg/l)**		
		(4) 5 db cigaretta füstjében	(5) 1 db-ra eső érték	(6) 1 cm elszívott cigarettára eső
1. Munkás	1,690	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,30 \cdot 10^{-3}$	$0,08 \cdot 10^{-3}$
2. Kossuth	1,680	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$0,30 \cdot 10^{-3}$
3. Románc	2,246	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$0,50 \cdot 10^{-3}$	$0,12 \cdot 10^{-3}$
4. Fecske	1,410	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$0,74 \cdot 10^{-3}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$
5. Symphonia	1,372	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$0,34 \cdot 10^{-3}$	$0,09 \cdot 10^{-3}$
6. Sopiane	1,524	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-3}$	$0,22 \cdot 10^{-3}$
7. Marlboro	1,084	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$0,54 \cdot 10^{-3}$	$0,11 \cdot 10^{-3}$

* A mért érték 100 % száraz anyagra vonatkozik. ** Az 50 ml-es elnyelető oldatba 5 db cigaretta füstje került.

0,00022 mg/l). A többi cigaretta füstje az előzőekhez képest feleannyi, vagy kevesebb kadmiumot tartalmaz.

A vérminták átlagértékeit az összes minta eredményei alapján az 1. táblázatban mutattuk be.

A kapott eredményeket nem lehet összefüggésbe hozni a táplálkozással, az egyidejűleg erre vonatkozóan végzett kérdőíves felmérés adatai ezt kizárják. Ezért a magas és az alacsony értékek és a foglalkozás tüzetes vizsgálata alapján a települések és az üzemek vérmintáit - ill. azok tulajdonosait - munkakörök szerint 10 csoportba soroltuk. Az egyes csoportokra jellemző Cd-adatokat a 4. táblázat mutatja. Eszerint a legmagasabb Cd-szintet a füstben, porban dolgozóknál (4. csoport), majd a hegesztők (5), a marósok (6) és - meglepetésre - az irodai dolgozók (2) vérében találtunk. A fával dolgozóknál (8) mutatkozik a legalacsonyabb érték (4. táblázat).

Alsónémedi és Ócsa mintaadói közül 47-en hívásunkra a következő évben újra megjelentek: 1988-ban és 1989-ben is vizsgálhattuk őket. Közülük 29 főnél a második érték sokkal magasabb, 17-nél alacsonyabb, egynél azonos. Egyes csoportok a minták alacsony száma miatt a többivel statisztikailag nem hasonlíthatók össze, abban viszont - a 2. és 8. kivételével - a többi csoport megegyezik, hogy valamennyinek magasabb a második, tehát az 1989. évi mérési értéke. 1988-ban átlaguk 0,0047, míg 1989-ben 0,01 mg/l volt, vagyis több mint az előző kétszerese. Az 1988. évi eredmények szórása 0,0002-0,028 között, az 1989. évié 0,0013-0,094 között volt. A legnagyobb csökkenés egyik évről a másikra 0,0364, a legnagyobb emelkedés 0,0935 mg/l.

4. táblázat
A munkaköri csoportok tagjainak vérében mért Cd-koncentrációk

(1) A munkaköri csoport száma/megnevezése	(2) Minta száma	%	(3) Cd, 10 ⁻³ mg/l			
			(4) Átlag	(5) Med.	(6) Min.	(7) Max.
1. Irodai dolgozó (gépipró)	21	11	6,30	3,1	0,4	68,0
2. Szellemi (fizikai, kémiai ártalom kizárva)	34	18	4,99	1,6	0,1	38,0
3. Fizikai (hentes, gépkocsi- vezető, szennyezés nélkül)	17	9	3,89	1,3	0,1	19,0
4. Fizikai (füstös, poros mun- kahelyen segédmunkás)	23	12	14,98	3,2	0,2	109,0
5. Fizikai (hegesztő)	29	16	7,49	2,8	0,2	47,0
6. Fizikai (fém forgácsolás)	21	11	6,74	2,5	0,1	34,0
7. Fizikai (kőműves segéd- munkás)	10	5	4,63	4,4	2,4	9,4
8. Fizikai (asztalos)	7	4	2,78	1,3	0,4	13,0
9. Fizikai (műanyaggal dolgozó)	9	5	4,27	2,0	0,2	19,0
10. Egyéb (baromfifeldol- gozó, kötélgyártó, stb.)	16	9	4,89	4,6	0,4	17,0

A vérmintát adók 42 %-a (78 személy) dohányzott, 58 %-a (109 fő) nem. A nemdohányosok átlagértéke 0,0054 mg/l, a várakozással ellentétben fordított nagyságú érték. Az összes minta közül a 2. és 3. legnagyobb értéket a nemdohányzók adták. Ha az összes Cd eredményt növekvő értékben írtuk fel, megfeleztük, és az alacsonyabb és magasabb tartományban figyeltük a dohányosok és nemdohányosok arányát, azt találtuk, hogy kevesebb dohányos található a magasabb Cd-tartományban.

A két erősen fémszennyezett üzem, a FORTE és a Metallokémia dolgozóinak eredményei sem voltak korrelálthatók a dohányzás mértékével. Mivel az egyes dohányfajták Cd-tartalma is változó, egy kis csoporttal végeztünk kísérletet: 5 fő Sopianét szívó önként jelentkezőtől előbb 12 órás megtartóztatás után vettünk vérmintát, majd 5 cigaretta egymás után történt elszívása után ismét. Az így kapott eredmények azt mutatják, hogy a legfiatalabb és a legrövidebb ideje dohányozónál rendkívüli módon, kettőnél kifejezetten, egynél alig emelkedett a vér Cd-tartalma, egy főnél pedig csökkent.

A vérmintákat adók az átlag lakosságot képviselték, válogatás nélküli önként jelentkezőkből adódott, tehát a minta randomnak mondható. Figyelemre méltó eredmény, hogy az összes vizsgálat 54,5 %-a a méréshatár és a megengedhető szint alatti Cd-koncentrációt mutatott.

A három község mintaadóinak Cd-szintje lényeges eltérést jelez. Bár a dömsödi mintaszám szerény, de egyenletes szórású és alacsony (átlag 0,0008) értékű, mind méréshatár alatti, az ócsai átlag ennek hatszorosa, az alsónémedié pedig 12-szerese. A termelt konyhakerti növények háztáji eredetűek, a műtrágya kiszórása nem számottevő. Az élelmiszerek hatását és a talált Cd-eredményt nem tudtuk összefüggésbe hozni. A községek közötti távolság sem ad magyarázatot erre az eltérésre.

Az egyes munkaköri csoportokba sorolás segített bizonyos csoportok szérum Cd-szintjének megértéséhez, az ipari tevékenységnek az élelmiszerekénél nagyságrenddel nagyobb szennyező szerepére hívta fel a figyelmet. A FORTE gyár magas Cd-átlaga nem okozott meglepetést, annál inkább az, hogy az erősebben szennyezőnek számító Metallokémia eredményei jobbak mint az akár Alsónémediben, akár Ócsán mért értékek. Az utóbbi két község mintaadoi közül egy évvel később 47 főt újra vizsgálhattunk, ezek közül 30-nál magasabb, egyenél azonos volt a vér Cd-szintje az előző évihez képest (64 %), míg 17-nél alacsonyabb volt (36 %). A véradók kikérdezése során semmi olyan nem merült fel, ami ezt magyarázhatná.

A dohányzás és a vér Cd-tartalma között a kapcsolat nem egyértelmű: van, amikor magas értékeket találtunk erős dohányosnál, de ennek ellenkezőjét is tapasztaltuk. Az több mint elgondolkodtató, hogy 43 fő erős dohányosnál a Cd értéke 0,003 mg/l alatti volt.

Az eredményeket összegezve úgy tűnik, hogy a Cd felszívódását és a vérben való feldúsulását, egyáltalán koncentráció szintjét más tényezők (is) erőteljesen befolyásolják, mint az étkezés, a dohányzás, vagy a fémekkel való foglalkozás, és jelentősek lehetnek az egyedi eltérések is. Miután a kadmium a szervezetben ún. nyomelem, más fémekkel (pl. Zn, Cu, Se) való kapcsolatát is leírták, így nagy a valószínűsége annak, hogy ezek és más nyomelemek kölcsönhatása okozza a rendkívül magas és alacsony, ill. az egyéb okokkal meg nem magyarázható értékű eseteket. Ezért a kadmium egyéb nyomelemekkel való együttes, további vizsgálata, valamint a normál érték feletti csoportok részletesebb elemzése szükséges mindezen bizonytalanságok tisztázására. Ugyanígy szükségesnek látszik a vér mellett más szervek, ill. anyagcsere termékek (pl. vese, vizelet) Cd-tartalmának a további vizsgálata.

Irodalom

- ADES, A. E. & KAZANTZIS, G., 1988. Lung cancer in a non-ferrous smelter: the role of cadmium. *Br. J. Ind. Med.* **45**. (7) 435-442.
- AOSHIMA, K., 1987. Epidemiology of renal tubular dysfunction in the inhabitants of a cadmium-polluted area in the Jinzu River basin in Toyama Prefecture. *Tohoku J. Exp. Med.* **152**. (2) 151-172.
- BERNARD, A. & LAUWERYS, R., 1984. Cadmium in human population. *Experientia*. **409**. 143-152.

- CAI, S. W. et al., 1990. Cadmium exposure and health effects among residents in an irrigation area with ore dressing wastewater. *Sci. Total Environ.* **90**. 67-73.
- EDLING, C., ELINDER, C. G. & RANDMA, E., 1986. Lung function in workers using cadmium containing solders. *Br. J. Ind. Med.* **43**. (10) 657-662.
- EL BASSAM, N., 1982. Kontamination von Pflanzen, Böden und Grundwasser Siedlungsabfällen. *GWF Wasser Abwasser.* **11**. 539-549.
- FRIESEL, P. & MILDE, G., 1982. Zur Mobilisierung, Verlagerung und Immobilisierung von Cadmium in Böden. *Korrespondenz Abwasser.* **29**. (11) 803-807.
- HALLENBECK, W. H., 1986. Human health effects of exposure to cadmium. *Experientia Suppl.* **50**. 131-137.
- INYANG, A. D. & LAWRENCE, C., 1984. Environmental transport of metals from an agronomic soil amended with undigested municipal wastewater sludge. Trace substances in environmental health. *Proc. XVIII. Annual conference* (Ed.: HEMPHILL, D. D.). I. 368-376.
- KAHMANN, L., 1981. Kompostqualitätskriterien und Schwermetalle. *Müll und Abfall.* **13**. (7) 188-194.
- KAZANTZIS, G., LAM, T. H. & SULLIVAN, K. R., 1988. Mortality of cadmium-exposed workers. A five-year update. *Scand. J. Work. Environ. Health.* **14**. (4) 220-223.
- KIEKENS, L. & COTTENIE, A., 1982. Principles of soil analysis with regard to trace elements. Newsletter from the FAO European Cooperative Network on Trace Elements. *Gent.* **1**. 5-20.
- KUCHARSKI, R., MARCHWINSKA, E. & PIESAK, Z., 1989. Possibility of potato growing in the central part of the Katowice province in the aspect of population exposure to harmful substances. *Rocz. Panstw. zakl. Hig.* **30**. (2) 131-136.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micro-nutrients in soil. *Acta Agr. Fennica.* **123**. 223-232.
- LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A., 1969. Development of DTPA micronutrient soil test. *Agron. Abstr.* 69-84.
- LOUEKARI, K., UUSITALO, U. & PIETINEM, P., 1989. Variation and modifying factors of the exposure to lead and cadmium based on an epidemiological study. *Sci. Total Environ.* **84**. 1-12.
- LUNE PVAN, 1985. Het bepalen van de relatie tussen het Cd-gehalte in grond en in consumeerbare plantedelen. Relation between the Cd-content of soil and that of edible parts of crops. *Rapport. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.* 13-85.
- MARTIN, H. M. & COUGHTREY, P. J., 1982. *Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution.* Applied Science Publisher. London, New York.
- MULLA, D. J., PAGE, A. L. & GANJE, T. J., 1980. Cadmium accumulation and bioavailability in soils from long-term phosphorus fertilization. *J. Environmental Quality.* **9**. 408-412.
- NOGAWA, K. et al., 1989. A dose response analysis of cadmium in the general environment with special reference to total cadmium intake limit. *Environ. Res.* **48**. (1) 7-16.
- OBERDORSTER, G., 1986. Airborne cadmium and carcinogenesis of the respiratory tract. *Scand. J. Work. Environ. Health.* **12**. (6) 523-537.
- PEPPER, I. L. et al., 1983. Silage corn uptake of sludge-applied zinc and cadmium as affected by soil pH. *J. Environmental Quality.* **12**. (2) 270-275.

- PURVES, D., 1977. Trace element contamination of the environment. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Oxford, New York.
- SHERLOCK, J. C., 1986. Cadmium in foods and the diet. *Experientia Suppl.* **50**. 110-114.
- SMITH, N. J. et al., 1986. Occupational cadmium exposure in jig solderers. *Br. J. Ind. Med.* **43**. (10) 663-666.
- SORAHAN, T., 1987. Mortality from lung cancer among a cohort of nickel cadmium battery workers: 1946-1984. *Br. J. Ind. Med.* **44**. (12) 803-809.
- VERMES L., 1985. A szennyvíziszap elhelyezésével foglalkozó WHO munkacsoport Máltán tartott tanácskozása. *Csatornamű Információ.* **10**. (2) 3-13.
- WILLIAMS, C. H. & DAVID, D. J., 1976. The accumulation in soil of cadmium residues from phosphate fertilizers and their effect on the cadmium content of plants. *Soil Sci.* **121**. 86-93.

Érkezett: 1993. május 30.

Studies on the Occurrence of Cadmium in Pest County

¹ L. VERMES, ² E. PETHŐ, ³ I. PETRASOVITS, ³ G. CSEKŐ and ⁴ P. MARTH

¹ Ministry of Agriculture, Budapest; ² Blood Transfusion Station, Gödöllő; ³ University of Agriculture, Gödöllő; ⁴ Plant and Soil Protection Station, Budapest

Summary

The aim of the research was to initiate Hungarian studies on the environmental cadmium cycle and on its migration from soil to plant (to animal) to human, partly in order to determine the levels of Cd pollution already extant in the environment and partly to provide basic data on the acceptable extent of further pollution.

Soil and plant samples were collected from 46 sites in Pest county. The soil samples originated from the root zone of the plants (0-30 cm, or 20-40 cm in the case of vines). For the plants, the organs intended for consumption or utilization were examined.

The total Cd content of the soils was determined using hydrogen fluoride digestion, while the available Cd content was measured after the preparation of an extract using the solution prescribed in the Lakanen-Erviö technique (1971).

The plant samples were digested using the nitric acid peroxide technique also used in blood tests.

The Cd concentrations present in 7 Hungarian makes of cigarettes and in the cigarette smoke were also determined.

Table 1. Distribution of sampling for blood tests and the average Cd values in the blood samples (mg Cd/l). (1) Sampling site. a) Smokers; b) total. (2) Annual distribution of sampling. (3) Total. (4) Cd values (mg Cd/l).

Table 2. Cd concentrations in plant samples in terms of mg/kg dry matter (Plant and Soil Protection Station analyses, Pest county, 1990). (1) Item no. (2) Sampling site. (3) Code. (4) Plant. a) Alfalfa; b) paprika; c) tomato; d) vine; e) green beans; f) kohlrabi; g) maize; h) peanuts; i) beetroot; j) weeds; k) carrots; l) celeriac; m) savoy; n) radish. (5) Cd concentration: HF = using hydrogen fluoride extractant; LAKERV = using the Lakanen-Erviö technique.

Table 3. Cd concentrations in Hungarian cigarettes and in cigarette smoke absorbed in 1 M HNO₃. (1) Cigarette brand name. (2) Cigarette Cd, mg/kg. (3) Cd concentration of cigarette smoke, mg/l. (4) In the smoke of 5 cigarettes. (5) Value per cigarette. (6) In the smoke of a 1 cm portion of cigarette. *Values expressed in terms of 100 % dry matter. **The smoke of 5 cigarettes was absorbed in 50 ml of solution.

Table 4. Cd concentrations in the blood of various categories of employees. (1) No./Designation of work category. 1. Office workers (typists). 2. White-collared workers (no physical or chemical pollution). Blue-collared workers: 3. Butcher, chauffeur (no pollution). 4. Labourer (smoky, dusty environment). 5. Welder. 6.

Metal cutter. 7. Labourer (building site). 8. Carpenter. 9. Worker with plastic. 10. Other (poultry processor, ropemaker, etc.).

Fig. 1. Average Cd values of soil samples at each site (mg/kg). HF = hydrogen fluoride digestion; LAKERV = Lakanen-Erviö digestion.

Fig. 2. Average Cd values measured in various plant species (mg/kg). a) Maize; b) alfalfa; c) tomato; d) kohlrabi; e) carrots; f) celeriac; g) weeds; h) peanuts; i) vine; j) savoy; k) beetroot; l) green beans; m) radish; n) paprika.